La importancia de las experiencias y periodos críticos en los procesos de enseñanza-aprendizaje a lo largo de toda la vida

Ernesto Mascarell Perez
Investigador independiente
mascarell1960@hotmail.com

Resumen

Los modelos tradicionales de enseñanza-aprendizaje han ignorado sistemáticamente la influencia de la dinámica hormonal, las experiencias críticas y la variabilidad madurativa, restringiendo además su análisis a la educación formal (infancia y adolescencia). Este artículo amplía el marco a todo el ciclo vital, proponiendo cuatro dimensiones del desarrollo humano –Poder, Saber, Querer y Creer– que se realimentan recursivamente desde la infancia hasta la vejez. Se analiza cómo los periodos críticos hormonales (prenatal, minipubertad, adrenarquia, pubertad, embarazo, perimenopausia, andropausia, envejecimiento) modulan cada dimensión, y cómo la asincronía entre edad cronológica y biológica influyen en los procesos de desarrollo humano. También se examina el impacto de las experiencias críticas psicosociales (vínculos, pérdidas, abusos, éxitos, fracasos, cambios laborales, jubilación) en cada dimensión. Se profundiza en los mecanismos neuroendocrinos que subyacen a estos efectos, incluyendo el papel de hormonas como la testosterona, los estrógenos, la DHEA, el cortisol, la oxitocina y la melatonina. El artículo concluye con una tabla resumen de propuestas concretas para diseñar intervenciones educativas sensibles a la recursividad y a la variabilidad madurativa en todos los momentos de la vida.

Palabras clave: periodos críticos hormonales, asincronía madurativa, poder, saber, querer, creer, recursividad, aprendizaje a lo largo de la vida, formación continua, envejecimiento, neuroendocrinología educativa.

1. Introducción

La búsqueda de una educación efectiva y equitativa ha llevado a considerar múltiples variables: estilos de aprendizaje, inteligencia emocional, contexto socioeconómico, etc. Sin embargo, un factor biológico fundamental ha sido

sistemáticamente ignorado: el estado endocrino de la persona y su historia de experiencias críticas.

Las hormonas no solo regulan el desarrollo sexual y metabólico; actúan como neuromoduladores que alteran la plasticidad sináptica, la conectividad cerebral y la respuesta al estrés. Durante ciertos periodos críticos (prenatal, minipubertad, adrenarquia, pubertad, embarazo, perimenopausia, andropausia, envejecimiento), estas acciones son especialmente profundas y duraderas, ejerciendo efectos organizadores permanentes o efectos activadores temporales.

Además, el desarrollo humano es recursivo: cada experiencia modifica la estructura que generará las siguientes experiencias. Existe una asincronía fundamental entre la edad cronológica (la que marca el calendario) y la edad biológica (el grado de maduración o involución hormonal, neurológica, física y motriz). Dos personas con la misma fecha de nacimiento pueden tener trayectorias madurativas muy distintas a lo largo de toda la vida.

Para dar coherencia a este entramado en todo el ciclo vital, proponemos cuatro dimensiones que capturan la dinámica recursiva del desarrollo: **Poder, Saber, Querer y Creer**. Cada una de ellas es modulada por los periodos críticos hormonales y afectada por la asincronía madurativa, desde la infancia hasta la vejez. El objetivo de este artículo es analizar estas interacciones, detallar los mecanismos neuroendocrinos subyacentes y derivar propuestas educativas concretas para todos los momentos de la vida.

2. Periodos críticos hormonales a lo largo de la vida: fundamentos neuroendocrinos

Los principales periodos críticos en todo el ciclo vital son los siguientes. A diferencia de lo que suele creerse, estos periodos no solo afectan a la cognición y la emoción, sino que también tienen consecuencias directas sobre el poder físico, la motivación y las creencias.

2.1 Periodo prenatal y minipubertad (0-6 meses)

Durante la vida fetal, la testosterona (en fetos masculinos) y, en menor medida, los estrógenos organizan circuitos hipotalámicos y corticales que influirán en la habilidad visoespacial, la tendencia a la exploración y la reactividad al estrés. En la **minipubertad** (primeros 6 meses posparto), se produce un pico de hormona luteinizante (LH) y hormona foliculoestimulante (FSH) que consolida la dominancia hemisférica y la sensibilidad de los receptores de glucocorticoides.

Implicación educativa: La estimulación temprana debería respetar estas diferencias biológicas sin caer en determinismo, ofreciendo entornos ricos en estímulos tanto sociales como espaciales.

2.2 Adrenarquia (6-8 años)

La glándula suprarrenal aumenta la secreción de **DHEA** (deshidroepiandrosterona), un andrógeno débil que actúa sobre el hipocampo y la corteza prefrontal. La DHEA mejora la **memoria episódica** (recordar hechos y eventos) y la **atención selectiva**. También modula la respuesta al estrés, actuando como neuroprotector.
Ventana educativa: Ideal para introducir aprendizajes factuales (historia, geografía, ciencias naturales) y para trabajar la regulación emocional básica. Es un momento excelente para consolidar el bucle *Saber → Creer*.

2.3 Pubertad (8-15 años)

Es el periodo más crítico para la educación secundaria. Los estrógenos (en chicas) y la testosterona (en chicos) potencian la plasticidad de la corteza prefrontal y el hipocampo, mejorando el razonamiento abstracto y la memoria a largo plazo. Pero también aumentan la reactividad de la amígdala (emociones intensas, mayor sensibilidad al rechazo social) y la búsqueda de sensaciones (dopamina). El aprendizaje se ve afectado por varios factores hormonales específicos:

- **Ciclo menstrual en chicas:** Los estrógenos en la fase folicular mejoran la memoria verbal y la fluidez; la progesterona en la fase lútea puede enlentecer la recuperación de palabras y aumentar la irritabilidad. La educación debe permitir ajustes en tareas de memoria verbal según la fase y no penalizar los síntomas.
- **Desfase circadiano por melatonina:** En la pubertad, la secreción de melatonina se retrasa, provocando que los adolescentes sean naturalmente más alerta por la tarde y tengan dificultad para dormir temprano. Los horarios escolares matutinos contradicen esta biología, reduciendo la atención y el rendimiento.
- **Sensibilidad al rechazo social:** La oxitocina y la vasopresina modulan la formación de vínculos; el cortisol y la dopamina amplifican la respuesta al rechazo. Un elogio público o una crítica pueden tener efectos desproporcionados sobre la motivación y la autoestima.

2.4 Embarazo

Durante el embarazo, los niveles elevados de estrógenos y progesterona reorganizan el cerebro materno. Es frecuente un declive transitorio de la **memoria verbal** ("baby brain") y un aumento del aprendizaje de estímulos relacionados con el cuidado infantil. También hay mayor plasticidad social.
Adaptación educativa: En la formación continua y la universidad, se deben ofrecer apoyos de memoria externa (grabación de clases, resúmenes, listas) y flexibilidad horaria ante la fatiga.

2.5 Perimenopausia (40-55 años)

El descenso de estrógenos y progesterona afecta a la memoria verbal, la función ejecutiva (planificación, inhibición) y la regulación emocional. Pueden aparecer "niebla mental" y mayor irritabilidad. La terapia hormonal sustitutiva puede mitigar estos efectos.
Implicación educativa: Psicoeducación hormonal para explicar que los olvidos no son "vejez prematura" sino cambios endocrinos reversibles. Ofrecer apoyos de memoria y reducir la presión por rapidez.

2.6 Andropausia (a partir de 40-50 años)

Descenso gradual de testosterona (1-2% anual). Afecta a la masa muscular y la fuerza (poder físico), la motivación (querer), la memoria espacial y el estado de ánimo. No es tan abrupto como la perimenopausia, pero sus efectos acumulativos son significativos.
Intervención: Entrenamiento de fuerza compensatorio, psicoeducación y diseño de metas significativas (propósito, legado).

2.7 Envejecimiento avanzado (>70 años)

Declive hormonal general: caída de DHEA, melatonina, hormonas gonadales y factor de crecimiento insulínico (IGF-1). Se reduce la plasticidad sináptica (menor síntesis de proteínas y factor neurotrófico derivado del cerebro, BDNF) y aumenta la vulnerabilidad al estrés (cortisol elevado). No obstante, el **conocimiento semántico** y la **sabiduría procedimental** se mantienen o incluso mejoran.
Clave educativa: Usar métodos lentos, repetitivos y multisensoriales; aprovechar el aprendizaje entre pares y el legado.

Estos periodos no ocurren a la misma edad cronológica en todos los individuos. De ahí la importancia de la asincronía en todas las etapas, que se aborda en la sección 3.5.

3. Las cuatro dimensiones del desarrollo humano: Poder, Saber, Querer, Creer

3.1 Dimensión Poder (incluyendo poder físico)

Definición: El poder es la capacidad real de actuar, de decidir, de acceder a recursos y de influir en el entorno. Incluye el poder físico: fuerza, resistencia, velocidad y coordinación. La asincronía madurativa genera diferencias enormes en poder físico dentro de una misma edad cronológica. En la pubertad, el estirón rápido produce una **torpeza puberal** (pérdida temporal de coordinación por crecimiento desigual de huesos y tendones) que reduce el poder motor. En la adultez, el envejecimiento diferencial (acelerado o lento) determina la pérdida o mantenimiento del poder funcional.

3.2 Dimensión Saber

Definición: Conocimientos, habilidades, estrategias cognitivas. Siguiendo a Gopnik (2009, 2016), el aprendizaje es un proceso de construcción de **modelos causales probabilísticos**, no de estadios rígidos al estilo piagetiano. Los niños pequeños son "explicadores causales activos" que aprenden mediante la exploración y la estadística intuitiva. La capacidad de abstracción no emerge de golpe, sino de forma gradual y asincrónica entre dominios. La asincronía afecta al ritmo de adquisición del razonamiento abstracto, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento. En la perimenopausia y el envejecimiento, el declive de la memoria verbal o fluida es muy variable entre individuos.

3.3 Dimensión Querer

Definición: Motivación, metas, intereses, deseos. La pubertad intensifica el querer (búsqueda de novedad, sensibilidad al rechazo) debido a la interacción entre dopamina, testosterona/estrógenos y oxitocina. En la adultez, el querer se reorienta hacia el logro, el legado o el mantenimiento de la autonomía. La asincronía acelerada (envejecimiento precoz) puede reducir el querer por fatiga o dolor crónico.

3.4 Dimensión Creer

Definición: Creencias sobre uno mismo (autoeficacia, autoconcepto), sobre el mundo y sobre el valor del aprendizaje. Las experiencias de fracaso por desajuste madurativo (ej. niño con maduración tardía en una clase de mayor

nivel) consolidan creencias negativas a través de la **desesperanza aprendida** (elevación crónica de cortisol anticipatorio y reducción de receptores D2 de dopamina). En la adultez, la percepción de la propia vitalidad orgánica influye directamente en el locus de control y la autoeficacia.

3.5 La asincronía entre edad cronológica y biológica: representación gráfica a lo largo de toda la vida

La **edad biológica** está determinada por la interacción de factores genéticos, nutricionales, endocrinos (leptina, kisspeptina, GnRH), psicológicos (estrés crónico acelera la pubertad) y ambientales (disruptores endocrinos). En una misma clase de 25 alumnos de 12 años cronológicos, podemos encontrar niños con edad biológica de 10 años (prepuberales), de 12-13 años (en plena pubertad) y de 14-15 años (postpuberales).

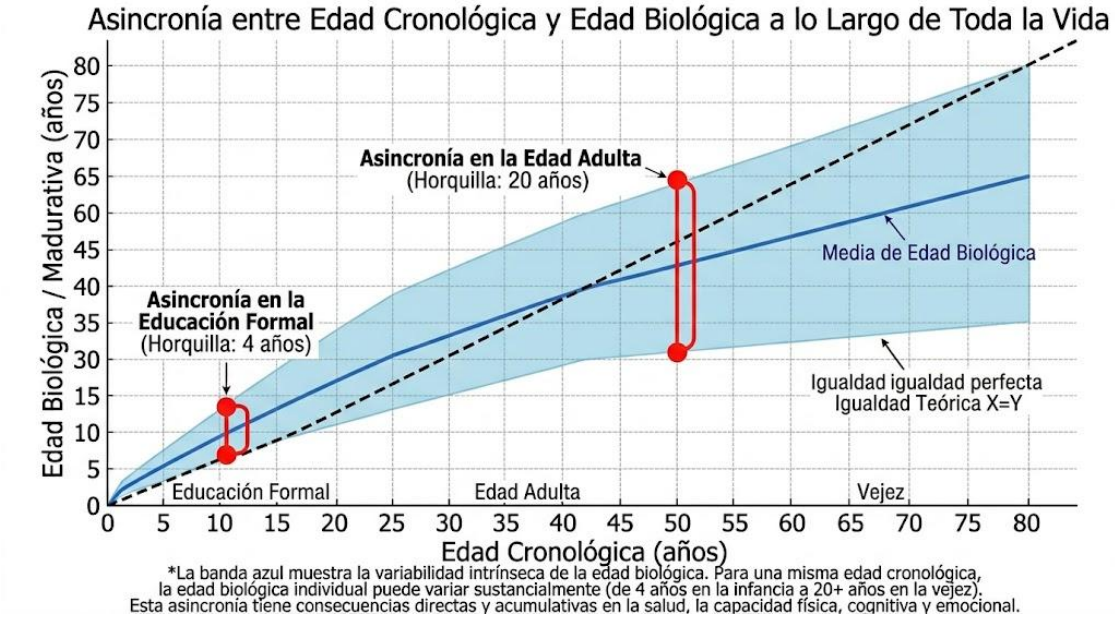

Figura 1. *Asincronía entre edad cronológica y edad biológica a lo largo del ciclo vital humano.*

En el gráfico original también se observa que a los 12 años cronológicos la banda abarca un rango de 4 años –de 10 a 14 años biológicos–; y a los 50 años cronológicos la banda abarca hasta 20 años –de 40 a 60 años biológicos, demostrando que la asincronía es acumulativa y se amplían con la edad.

Primer hito crítico: infancia y adolescencia (12 años cronológicos) – Horquilla de 4 años.
Consecuencias en las cuatro dimensiones:

- **Poder:** prepuberal (fuerza baja, dependencia), puberal medio (torpeza por estirón), postpuberal (fuerza adulta).
- **Saber:** razonamiento abstracto emergente → aceleración vulnerable → optimización.
- **Querer:** del juego y aprobación adulta → pico de susceptibilidad al rechazo social → metas a largo plazo.
- **Creer:** de autoconcepto basado en progreso propio → labilidad por comparación social → consolidación interna.

Segundo hito crítico: adultez y envejecimiento (50 años cronológicos) – Horquilla de 20 años.

- **Poder:** envejecimiento lento (reserva funcional preservada) vs. acelerado (sarcopenia, fragilidad).
- **Saber:** declive de inteligencia fluida y memoria de trabajo más rápido en la asincronía acelerada.
- **Querer y Creer:** la percepción de pérdida física prematura genera estrés adaptativo y daña la autoeficacia.

Implicación pedagógica y social: Agrupar por edad cronológica asume una homogeneidad inexistente; condena a los de maduración tardía al fracaso y a los de maduración temprana al aburrimiento. Evaluar salud, productividad laboral o jubilación solo por edad cronológica es un sesgo estructural. Se requiere personalización de la medicina, la prevención laboral y el envejecimiento activo.

4. Experiencias críticas psicosociales, hormonas y recursividad en las cuatro dimensiones

Las experiencias críticas (vínculos, rupturas, abusos, éxitos, fracasos, cambios laborales, jubilación, pérdida de seres queridos, enfermedades) no actúan sobre un sistema neutral, sino sobre cada dimensión de forma diferencial y en cada fase vital con distinto impacto. Además, son **recursivas**: un cambio en una dimensión se propaga a las demás.

4.1 Vínculos seguros y rupturas

La **oxitocina** liberada en relaciones seguras reduce el cortisol y facilita la plasticidad hipocampal (mejor aprendizaje explícito). Una ruptura amorosa en pubertad eleva el cortisol crónico, que **inhibe la potenciación a largo plazo (LTP)** y deteriora la consolidación de la memoria. Las escuelas deberían ofrecer

apoyo emocional inmediato tras pérdidas y programas de educación socioemocional.

4.2 Abusos y trauma

El maltrato infantil altera el eje hipotálamo-hipófiso-adrenal (HHA), reduciendo el volumen del hipocampo (memoria contextual) y aumentando el de la amígdala (hipervigilancia). Estos estudiantes presentan dificultad para aprender que un contexto es seguro y fallos en memoria de trabajo. Las metodologías punitivas o la humillación pública son particularmente dañinas. Se requieren entornos de **baja amenaza**, rutinas predecibles y estrategias de regulación emocional explícitas.

4.3 Éxito y fracaso reiterado

El éxito libera dopamina y aumenta la testosterona/estrógenos, creando un **ciclo virtuoso** de motivación y mejora del aprendizaje. El fracaso crónico eleva el cortisol anticipatorio (antes de un examen) y reduce los receptores D2 de dopamina, generando desesperanza aprendida y conductas de evitación. La pedagogía debe reestructurar la evaluación para que el error sea informativo y no amenazante, garantizando micro-éxitos frecuentes.

4.4 Ejemplos de recursividad (bucles involutivos y evolutivos)

Bucle involutivo (adulto de 50 años):
Una mujer en perimenopausia empieza a notar olvidos (pérdida de *Saber* verbal). Atribuye esos olvidos a "ya estoy mayor, me estoy volviendo tonta" (*Creer* negativo). Deja de querer apuntarse a cursos de formación continua (*Querer* bajo). Su jefe, al verla menos motivada, le retira proyectos importantes (*Poder* bajo). Al tener menos práctica, sus habilidades cognitivas realmente empeoran (*Saber* bajo). El bucle se cierra y se intensifica.

Bucle evolutivo (adulto de 60 años):
Un varón en andropausia nota menos fuerza (*Poder* físico bajo). En lugar de rendirse, busca un entrenador personal que le adapta ejercicios (*Poder* de decisión). Mejora su forma física, gana fuerza (*Poder* físico recuperado). Eso le hace creer que aún puede mejorar otras capacidades (*Creer* positivo). Se apunta a un curso de informática, aprende (*Saber* nuevo). Su autoeficacia general sube, quiere más retos (*Querer* alto). Bucle virtuoso.

Las experiencias críticas amplifican estos bucles: un despido laboral a los 55 años puede dañar el *Creer*, el *Poder* y el *Querer*; una pérdida de pareja en la vejez puede reducir el *Poder* social, pero también abrir un nuevo *Querer* de aprendizaje si se gestiona bien.

4.5 La recursividad como antídoto al determinismo

A menudo se piensa que los periodos críticos son "ventanas que se cierran". Sin embargo, la recursividad muestra que **nunca el sistema deja de realimentarse**. Lo que cambia es la velocidad y el coste de los cambios, no la posibilidad. Un déficit de atención por trauma infantil puede ser revertido parcialmente en la adultez mediante entornos de baja amenaza y ejercicios de regulación emocional. Un adolescente con fracaso escolar crónico puede, mediante un proyecto donde se le otorgue poder real, experimentar un éxito que rompa el bucle involutivo.

5. Propuestas educativas concretas por dimensión a lo largo de toda la vida

A continuación se amplían las propuestas del artículo original, incorporando las adaptaciones específicas por periodo crítico y las acciones para potenciar la recursividad.

5.1 Propuestas para la dimensión Poder (ampliadas)

- **Infancia (6-12 años):** Reconocer la asincronía madurativa. En educación física, utilizar baremos por edad biológica (estadios de Tanner) o percentiles de crecimiento, no por edad cronológica. No etiquetar como "torpe" al niño en pleno estirón. Adaptar tareas de motricidad fina (escritura, dibujo) durante el estirón rápido. Explicar la torpeza puberal a alumnos y familias.
- **Adolescencia (12-18 años):** Para alumnos con maduración temprana: roles de responsabilidad física (ayudar a mover materiales, liderar equipos). Para maduración tardía: evitar humillación pública, usar actividades donde la fuerza no sea única (coordinación, estrategia). Ofrecer entrenamiento propioceptivo.
- **Adultez media (35-55 años):** En perimenopausia y andropausia, adaptar tareas formativas que requieran fuerza física o resistencia prolongada. Entrenamiento compensatorio (ejercicios de fuerza suave, propiocepción para evitar caídas).

- **Adultez tardía (55-70 años):** Diseñar entornos accesibles (rampas, sillas con brazos). Enseñar el uso de ayudas técnicas (bastones, auditivos) sin estigma.
- **Vejez (>70 años):** Entornos totalmente accesibles, aprendizaje de tecnologías asistivas, programas intergeneracionales.

5.2 Propuestas para la dimensión Saber (ampliadas)

- **Infancia:** Respetar ritmos de abstracción (visión de Gopnik: aprendizaje por modelos causales). Usar exploración y experimentos. Evaluar por progreso individual.
- **Adolescencia:** Aprovechar la ventana de máxima plasticidad para razonamiento abstracto, pero proteger del estrés (cortisol crónico daña el hipocampo). Enseñar metacognición. Para chicas, considerar fases del ciclo menstrual (apoyos de memoria verbal en fase lútea).
- **Adultez joven (20-35 años):** En embarazo, ofrecer apoyos de memoria externa (grabación de clases, resúmenes). No confundir olvidos normales con "declive permanente".
- **Adultez media (35-55 años):** Reconocer que la velocidad de procesamiento puede declinar ligeramente, pero el conocimiento semántico aumenta. Usar aprendizaje basado en problemas reales.
- **Adultez tardía (55-70 años):** Usar métodos que no dependan de la rapidez (autoaprendizaje a ritmo propio). Mantenimiento de memoria procedimental.
- **Vejez (>70 años):** Ritmo muy flexible, múltiples formatos, enseñanza de estrategias compensatorias (agendas, alarmas, smartphones). No asumir que "ya no pueden aprender".

5.3 Propuestas para la dimensión Querer (ampliadas)

- **Infancia:** Motivar con recompensas inmediatas, juego y curiosidad natural. No forzar competencia social prematura.
- **Adolescencia:** Evitar la humillación pública (máxima sensibilidad al rechazo). Ofrecer autonomía real (elegir temas, metodología, evaluación). Canalizar la búsqueda de sensaciones hacia retos intelectuales y físicos controlados.
- **Adultez joven:** Conectar formación con metas tangibles (ascenso, cambio de carrera). En embarazo, reconocer que la fatiga reduce temporalmente la motivación; flexibilidad horaria.
- **Adultez media:** La apatía puede tener causa hormonal (perimenopausia, andropausia); no etiquetar como "falta de ganas" sin explorar. Ofrecer metas de propósito y legado.

- **Adultez tardía y vejez:** Educación no formal sin presión evaluativa (talleres, clubs de lectura, universidades de mayores). Programas intergeneracionales donde los mayores enseñen algo (recuperan el querer por sentirse útiles).

5.4 Propuestas para la dimensión Creer (ampliadas)

- **Infancia:** Elogiar el esfuerzo y la estrategia (mentalidad de crecimiento). Evitar comparaciones públicas. Explicar que la maduración tardía no es inferioridad. Diseñar micro-éxitos garantizados para niños con maduración tardía. Intervención temprana para evitar la desesperanza aprendida.
- **Adolescencia:** Evaluación privada, formativa y de progreso. Trabajar explícitamente la mentalidad de crecimiento. Normalizar el error como fuente de información.
- **Adultez joven:** No confundir los olvidos del embarazo con pérdida de capacidad. Psicoeducación: "es hormonal y temporal".
- **Adultez media:** Psicoeducación hormonal: explicar que los olvidos, fatiga o apatía en perimenopausia/andropausia son cambios endocrinos, no "vejez" o "declive irreversible". Micro-éxitos garantizados.
- **Adultez tardía y vejez:** Combatir la creencia "ya no puedo aprender" con testimonios de personas mayores que han aprendido (efecto modelado). Mostrar ejemplos de plasticidad cerebral en la vejez. Intervenciones con micro-éxitos tempranos muy evidentes. Evitar lenguaje que infantiliza o asume incapacidad.

5.5 Tabla resumen final: Propuestas educativas por fase vital y dimensión (integrada)

Fase vital	Poder	Saber	Querer	Creer
Infancia (6-12)	Baremos por edad biológica; no etiquetar torpeza; adaptar motricidad fina.	Respetar ritmos de abstracción (Gopnik); evaluar	Recompensas inmediatas; juego; no forzar competencia social.	Elogiar esfuerzo; evitar comparaciones; explicar

Fase vital	Poder	Saber	Querer	Creer
		por progreso.		maduración tardía.
Adolescencia (12-18)	Explicar torpeza puberal; roles cooperativos para maduros tempranos; evitar humillación a tardíos.	Aprovechar plasticidad, proteger del estrés; enseñar metacognición; considerar ciclo menstrual.	Proyectos auténticos; evitar humillación pública; dar autonomía real.	Intervención temprana; evaluación privada; mentalidad de crecimiento explícita.
Adultez joven (20-35)	Embarazo: adaptaciones físicas, descansos; mantener ejercicio suave.	Aprovechar pico de habilidades; embarazo: apoyos de memoria externa.	Conectar con metas tangibles; reconocer fatiga por embarazo.	No confundir olvidos de embarazo con pérdida; micro-éxitos.
Adultez media (35-55)	Perimenopausia/andropausia: adaptar tareas físicas; entrenamiento compensatorio.	Aprendizaje basado en problemas reales; apoyos de memoria verbal.	La apatía puede ser hormonal; metas significativas (propósito, legado).	Psicoeducación hormonal; micro-éxitos; no etiquetar por edad.

Fase vital	Poder	Saber	Querer	Creer
Adultez tardía (55-70)	Entornos accesibles; enseñar ayudas técnicas sin estigma.	Usar métodos no rápidos; aprovechar sabiduría y memoria procedimental.	Educación no formal; programas intergeneracionales.	Combatir creencia "ya no puedo"; ejemplos de mayores que aprenden.
Vejez (>70)	Entornos totalmente accesibles; tecnologías asistivas.	Ritmo muy flexible; estrategias compensatorias (agendas, alarmas).	Educación basada en placer, legado, conexión social.	Micro-éxitos tempranos; testimonios de pares; evitar infantilización.

6. Discusión

El gráfico presentado y su análisis estructural demuestran que la asincronía entre edad cronológica y biológica no es un fenómeno menor ni restringido a la infancia, sino una propiedad fundamental del desarrollo humano que se acumula a lo largo de la vida. La banda de variabilidad se ensancha progresivamente, alcanzando una horquilla de 20 años en la adultez media. Esto tiene profundas implicaciones para la educación en sentido amplio: desde la escuela hasta la formación continua, la reconversión profesional, la salud laboral y el envejecimiento activo.

La recursividad de las cuatro dimensiones (Poder, Saber, Querer, Creer) implica que una intervención educativa que ignore la asincronía puede generar bucles involutivos duraderos, mientras que una intervención sensible a la edad biológica real puede desencadenar espirales virtuosas de aprendizaje y

bienestar. La tabla resumen proporciona orientaciones concretas para cada fase vital y cada dimensión.

Limitaciones: Este artículo es un marco teórico integrador. Se necesitan estudios empíricos longitudinales que midan la edad biológica (mediante indicadores hormonales, curvas de crecimiento, estadios de Tanner) y las cuatro dimensiones simultáneamente, así como intervenciones controladas que evalúen el impacto de las adaptaciones propuestas.

7. Conclusiones

La enseñanza-aprendizaje a lo largo de toda la vida no puede seguir ignorando la asincronía entre edad cronológica y biológica. Las cuatro dimensiones –Poder, Saber, Querer y Creer– se realimentan recursivamente desde la infancia hasta la vejez, moduladas por periodos críticos hormonales y experiencias vitales. El gráfico propuesto visualiza cómo la banda de variabilidad madurativa se ensancha con la edad, generando en la adultez horquillas de hasta 20 años de diferencia biológica para una misma edad cronológica.

Un sistema educativo (entendido como formación formal, continua, laboral y social) que quiera ser inclusivo y efectivo debe:

1. Reconocer la variabilidad individual en maduración y envejecimiento en sus cuatro dimensiones.
2. Diseñar intervenciones específicas para cada fase vital (pubertad, embarazo, perimenopausia, andropausia, jubilación, etc.).
3. Formar a los educadores (de niños, jóvenes, adultos y mayores) en neuroendocrinología del ciclo vital, en el manejo de la asincronía y en la dinámica recursiva.
4. Utilizar la recursividad para interrumpir bucles involutivos y potenciar los evolutivos.
5. Diseñar metodologías, evaluaciones y entornos de aprendizaje adaptados a la edad biológica real, no solo a la cronológica.

La neuroendocrinología educativa aplicada a todo el ciclo vital no es una moda: es una necesidad ética y científica para que el aprendizaje sea realmente permanente, inclusivo y capacitante en todas las edades.

8. Referencias

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.
- Blakemore, S. J. (2012). Imaging brain development: The adolescent brain. *NeuroImage*, 61(2), 397-406.

- Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. Random House.
- Gopnik, A. (2009). *El bebé científico*. Oxford University Press.
- Gopnik, A. (2016). *El niño filósofo*. Taurus.
- Hensch, T. K. (2004). Critical period regulation. *Annual Review of Neuroscience*, 27, 549-579.
- Lupien, S. J., et al. (2009). Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 434-445.
- Park, D. C., & Bischof, G. N. (2013). The aging mind: Neuroplasticity in response to cognitive training. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 15(1), 109-119.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory*. Guilford Press.
- Schaie, K. W. (2013). *Developmental influences on adult intelligence*. Oxford University Press.
- Shirtcliff, E. A., et al. (2009). Neurobiology of pubertal timing and its consequences. *Hormones and Behavior*, 55(5), 597-608.
- Tanner, J. M. (1962). *Growth at adolescence*. Blackwell Scientific Publications.
- Von Foerster, H. (2003). *Understanding understanding*. Springer.